发酵白酒糟对断奶仔猪生长性能、消化代谢和氮排放的影响

黎智华[1,2]　张　婷[1]　苏家宜[1]　王德云[2]　孔祥峰[1,2*]

（1.中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，动物营养生理与代谢过程实验室，长沙 410125；2.南京农业大学，动物医学院，南京 210095）

摘　要：为了研究发酵白酒糟对断奶仔猪生长性能、消化代谢和氮排放的影响，选用21日龄断奶的去势杜×长×大公猪24头，随机分为4组，每组6个重复，每个重复1头猪。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别用2%、4%和6%发酵白酒糟等比例替代基础饲粮。分别于平均体重为10和25 kg左右时，试验猪转入代谢笼内进行消化代谢试验。每个试验期为1周，前4 d为适应期，后3 d为粪尿收集期。记录仔猪的日采食量，并于每次试验开始和结束时称取空腹体重。采用全收粪法测定断奶仔猪对常规营养成分和氨基酸的表观消化率以及氮排放量。结果表明：与对照组相比，在10 kg断奶仔猪试验中，2%发酵白酒糟组的表观消化能和尿氮量显著降低（P<0.05），其他营养物质表观消化率无显著差异（P>0.05）；4%和6%发酵白酒糟组的总能、赖氨酸、蛋氨酸和脯氨酸的表观消化率、表观代谢能和表观消化能均显著降低（P<0.05）。在25 kg断奶仔猪试验中，2%发酵白酒糟组的干物质、粗灰分和粗脂肪表观消化率差异不显著（P>0.05），平均日增重显著增加（P<0.05）；6%发酵白酒糟组的蛋氨酸表观消化率显著下降（P<0.05）；2%、4%和6%发酵白酒糟组的摄入氮量、吸收氮量、沉积氮量、粗蛋白质和总能的表观消化率、氮表观消化率、表观代谢能和消化能均显著降低（P<0.05），粪氮量显著增加（P<0.05）。由上可见，饲粮添加2%发酵白酒糟不影响断奶仔猪对干物质的表观消化率，可增加其生长性能；长期高剂量添加发酵白酒糟在一定程度上降低了断奶仔猪对常规营养成分的消化代谢。

关键词：发酵白酒糟；断奶仔猪；生长性能；消化率；氮排放

中图分类号：S816；S828

白酒糟是酿酒工业的副产物，其数量大、来源集中。白酒糟中富含粗蛋白质、粗淀粉、粗纤维和粗脂肪等常规营养物质，还含有大量氨基酸、维生素、矿物质及菌体自溶产生的各种生物活性物质[1]。然而，白酒糟水分含量高、酸度大、黏性强和易腐败，若不及时处理会

收稿日期：2017-12-14

基金项目：湖南省战略性新兴产业科技攻关项目（2014GK1007）；中央驻湘科研机构技术创新发展专项（2013TF3006）；中国工程院咨询研究项目（2015-XY-41）

作者简介：黎智华（1992-），女，四川仪陇人，硕士研究生，从事中草药饲料添加剂研究。E-mail: zhli92@126.com

*通信作者：孔祥峰，研究员，博士生导师，E-mail: nnkxf@isa.ac.cn

造成环境污染；又因其粗纤维含量高，大大降低了白酒糟的饲用价值。利用微生物发酵处理白酒糟可降解白酒糟中的淀粉、纤维素和半纤维素，充分利用其中的碳源和氮源，使发酵产物中的真蛋白含量明显提高[2]。因此，白酒糟可作为加工蛋白质饲料的新资源，缓解畜牧业蛋白质饲料资源短缺的问题。研究表明，饲粮中添加9.25%的发酵酒糟可提高牦牛的生产性能和营养物质消化率[3]；用发酵酒糟替代17%精料，能显著增加藏绵羊的日增重，降低料重比，提高饲粮养分表观消化率和经济效益[4]；湿态酒糟发酵蛋白饲料可提高产蛋率，降低鸡舍氨气浓度[5]；白酒糟对生长猪的消化能和代谢能低于豆粕，但仍具有较高的饲用价值[6]。断奶仔猪生长和消化代谢容易遭受断奶应激和饲养环境变化的影响，而发酵酒糟富含的营养物质和微生物及其代谢产物可能有益于其生长发育。尽管人们对发酵酒糟的利用已有一些报道，但用于断奶仔猪饲养方面的报道较少。因此，本文旨在探究不同添加比例的发酵白酒糟对断奶仔猪的生长性能、消化代谢和氮排放的影响，为其作为蛋白质饲料原料开发利用提供依据。

1　材料与方法

1.1　发酵白酒糟

发酵白酒糟来源于四川某公司。经测定，其中干物质、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪和粗纤维的含量以及总能分别为 92.97%、9.28%、23.96%、5.39%、17.67%和 18.29 MJ/kg。

1.2　试验动物、分组与饲养管理

动物饲养试验于 2016 年 3～4 月在中国科学院亚热带农业生态研究所新五丰永安实验基地进行。试验选用 21 日龄断奶的去势杜×长×大公猪 24 头，随机分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 1 头猪。对照组饲喂基础饲粮（粉料），试验组分别用 2%、4%和 6%发酵白酒糟等比例替代基础饲粮。分别于平均体重为 10 和 25 kg 左右时，转移至代谢笼内进行消化代谢试验。各试验期为 1 周，前 4 d 为适应期（确定每头猪每天的采食量和饮水量），从第 5 天开始收集每头试验猪的全部粪便和尿液样品，连续收集 3 d。试验开始与结束时分别称取每头试验猪的体重，记录每头试验猪的日采食量。采食量记录和样品采集以 09：00 作为天与天之间的分界点。基础饲粮根据 NRC(2012)配制，其组成及营养水平见表 1，各试验组饲粮常规营养成分的测定值见表 2。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	保育前期料（7～15 kg） Prophase nursery diet (7 to 15 kg)3)	保育后期料（16～30 kg） Anaphase nursery diet (16 to 30 kg)

原料 Ingredients		
玉米 Corn	22.00	69.50
碎米 Broken rice	25.00	
面粉 Wheat	12.00	
葡萄糖 Glucose	3.00	
豆粕(46%粗蛋白质) Soybean meal (46% CP)	10.50	
豆粕（43%粗蛋白质） Soybean meal (43% CP)		16.00
膨化大豆 Extruded soybean	10.00	
发酵豆粕 Fermented soybean meal	2.50	4.00
大豆浓缩蛋白 Soybean protein concentrate		2.00
进口鱼粉 Imported fish meal	3.00	1.00
低蛋白乳清粉 Low protein whey powder	5.00	
鸡蛋粉 Egg powder	0.50	
麦麸 Wheat bran		2.00
豆油 Soybean oil	1.00	1.50
柠檬酸 Citric acid	1.50	
预混料 Premix[1)]	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]		
消化能 DE/(MJ/kg)	14.23	13.81
粗蛋白质 CP	18.02	16.59
粗脂肪 EE	4.37	4.47
粗纤维 CF	2.31	2.76
钙 Ca	0.80	0.77
总磷 P	0.55	0.57
有效磷 AP	0.40	0.33
赖氨酸 Lys	1.38	1.18
蛋氨酸 Met	0.49	0.39
半胱氨酸 Cys	0.28	0.31

苏氨酸 Thr	0.87	0.72
色氨酸 Trp	0.24	0.23

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kilogram of the diet：VA 6 200 IU，VD_3 700 IU，VE 88 IU，VK 4.4 mg，VB_2 8.8 mg，VB_5 24.2 mg，VB_3 33 mg，氯化胆碱 choline chloride 330 mg，Fe 145 mg，Cu 10 mg，Zn 100 mg，Mn 40 mg，I 0.3 mg，Se 0.1 mg。

2)计算值。Calculated values.

3)添加 3 kg/t 的氧化锌。Supplemented with 3 kg/t ZnO.

表 2　试验组饲粮常规营养成分（测定值）

Table 2　Routine nutrients of the experimental diets (measured values)

项目 Items	对照组 Control group	2%发酵白酒糟组 2% fermented distiller's grain group	4%发酵白酒糟组 4% fermented distiller's grain group	6%发酵白酒糟组 6% fermented distiller's grain group
10 kg 仔猪 10 kg piglets				
干物质 DM/%	88.16	88.41	88.41	88.33
粗灰分 CA/%	5.08	5.99	5.37	5.53
粗脂肪 EE/%	4.23	4.32	4.39	4.45
粗蛋白质 CP/%	20.97	19.82	20.11	20.32
总能 GE/（MJ/kg）	16.05	16.22	16.28	16.19
25 kg 仔猪 25 kg piglets				
干物质 DM/%	86.91	86.76	88.42	87.36
粗灰分 CA/%	5.19	5.71	7.08	6.34
粗脂肪 EE/%	3.72	4.40	3.33	4.05
粗蛋白质 CP/%	19.77	19.31	18.07	19.13
总能 GE/（MJ/kg）	15.94	15.80	15.97	15.94

1.3　样品采集和处理

粪样的收集采用全收粪法。每天用封口袋随时收集全天粪便样品，-20 ℃保存备用。将 3 d 粪样融化后混合均匀，以鲜重的 10%取样，取 2 份等量样品。其中一份每 100 g 粪样加入 6 mol/L 的盐酸 10 mL 固定氨氮，用于测定粗蛋白质含量；另一份用于测定其他营养成分。2 份样品均置于-20 ℃保存。测定前融化样品，准确称取粪样 70 g 左右置于 65 ℃烘 72 h，称重记录初水分含量并回潮 24 h 至恒重，粉碎后装于封口袋，-20 ℃保存。

每天收集尿液，分别于 08:30 和 21:00 量取尿液体积，纱布过滤，按总体积的 10%取样，每 100 mL 加 6 mol/L 的盐酸 10 mL 固氮。置于-20 ℃保存。将 3 d 尿样融化后混合均匀，取总尿样量的 10%用于检测。

1.4　检测指标和方法

测定饲粮和粪样中的干物质、粗灰分、粗脂肪、粗蛋白质和水解氨基酸含量以及总能，以及尿样的总能[7]。总能采用精密快速自动热量计（长沙开元仪器厂）测定；水解氨基酸含量采用盐酸水解法测定。以重复为单位计算发酵白酒糟的表观消化能和代谢能[6]以及氮代谢状况[8]，计算公式如下：

饲粮表观消化能=（食入总能-排粪总能）/食入饲粮干物质含量；

饲粮表观代谢能=（食入总能-排粪总能-排尿总能）/食入饲粮干物质含量；

常规营养成分表观消化率=100×（饲粮营养成分含量-粪便营养成分含量）/饲粮营养成分含量；

吸收氮=摄入氮-粪氮；

沉积氮=摄入氮-粪氮-尿氮；

氮表观消化率=100×吸收氮/摄入氮；

氮表观生物学价值=100×沉积氮/吸收氮；

蛋白质净利用率=100×（摄入氮-粪氮-尿氮）/摄入氮；

总氮排放率=100×（粪氮+尿氮）/摄入氮。

1.5　数据统计与分析

采用 SAS 9.2 软件对数据进行单因子方差分析，采用 Duncan 氏法进行多重比较，以最小二乘均数表示统计结果。P<0.05 为差异显著，0.05≤P<0.10 为有变化趋势。

2　结果与分析

2.1　发酵白酒糟对断奶仔猪生长性能的影响

如表 3 所示，在 10 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，试验各组的始重、末重、平均日采食量、平均日增重和料重比均无显著差异（P>0.05）；在 25 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，与对照组相比，2%发酵白酒糟组的平均日增重显著增加（P<0.05）、料重比呈降低趋势（P=0.09）。

表 3　发酵白酒糟对断奶仔猪生长性能的影响

Table 3　Effects of fermented distiller's grains on growth performance of weaned piglets (n=6)

项目 Items	对照组 Control group	2%发酵白酒糟组 2% fermented	4%发酵白酒糟组 4% fermented	6%发酵白酒糟组 6% fermented	SEM	P 值 P-value

		distiller's grain group	distiller's grain group	distiller's grain group		
10 kg 仔猪 10 kg piglets						
始重 Initial BW/kg	10.45	9.97	10.10	10.20	0.18	0.83
末重 Final BW/kg	13.95	13.58	13.30	13.50	0.27	0.87
平均日采食量 ADFI/(g/d)	687.2	672.1	592.6	680.2	3.96	0.30
平均日增重 ADG/(g/d)	500.0	516.7	457.1	471.4	4.13	0.76
料重比 F/G	1.44	1.39	1.33	1.46	0.07	0.91
25 kg 仔猪 25 kg piglets						
始重 Initial BW/kg	26.34	26.22	25.96	26.70	0.19	0.61
末重 Final BW/kg	29.50	29.78	29.12	29.75	0.18	0.60
平均日采食量 ADFI/(g/d)	1 114.4	1 126.4	1 094.6	1 122.2	2.23	0.58
平均日增重 ADG/(g/d)	451.4^{b}	508.6^{a}	451.4^{b}	435.7^{b}	3.17	0.04
料重比 F/G	2.47	2.23	2.47	2.60	0.05	0.09

同行数据肩标不同字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

Values in the same row with different letter superscripts significantly differ (*P*<0.05). The same as below.

2.2 发酵白酒糟对断奶仔猪常规营养物质表观消化率的影响

由表 4 可见，在 10 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，与对照组相比，2%发酵白酒糟组除表观消化能显著降低（*P*<0.05）外，其余测定指标差异均不显著（*P*>0.05）；4%发酵白酒糟组的总能表观消化率、表观消化能和表观代谢能均显著降低（*P*<0.05）；除粗脂肪和粗蛋白质的表观消化率差异不显著（*P*>0.05）外，6%发酵白酒糟组的各测定指标均显著降低（*P*<0.05）。在 25 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，4 个组的粗灰分和粗脂肪表观消化率均无显著差异（*P*>0.05）；与对照组相比，4%和 6%发酵白酒糟组干物质表观消化率显著降低（*P*<0.05），2%、4%和 6%发酵白酒糟组的粗蛋白质和总能表观消化率、表观消化能和表观代谢能均显著降低（*P*<0.05）。

表 4 发酵白酒糟对断奶仔猪常规营养物质表观消化率的影响

Table 4 Effects of fermented distiller's grains on apparent digestibility of routine nutrients of weaned piglets (*n*=6)

项目	对照组	2%发酵白酒	4%发酵白酒	6%发酵白酒	SEM	*P* 值

Items	Control group	糟组 2% fermented distiller's grain group	糟组 4% fermented distiller's grain group	糟组 6% fermented distiller's grain group		*P*-value
10 kg 仔猪 10 kg piglets						
干物质 DM/%	87.84[a]	86.11[a]	85.34[a]	81.25[b]	0.75	<0.01
粗灰分 CA/%	76.53[a]	71.38[a]	67.89[ab]	65.30[b]	1.35	0.01
粗脂肪 EE/%	80.04	78.92	78.32	77.93	0.77	0.80
粗蛋白质 CP/%	88.83	86.77	85.51	86.59	0.76	0.50
总能 GE/%	90.91[a]	88.88[ab]	87.31[bc]	86.11[c]	0.54	<0.01
表观代谢能 AME/(MJ/kg)	16.56[a]	16.16[ab]	15.79[b]	15.75[b]	0.10	0.01
表观消化能 ADE/(MJ/kg)	16.80[a]	16.32[b]	16.05[b]	16.04[b]	0.10	0.01
25 kg 仔猪 25 kg piglets						
干物质 DM/%	84.10[a]	82.14[a]	79.41[b]	79.27[b]	0.59	<0.01
粗灰分 CA/%	64.64	63.71	66.92	64.45	0.68	0.40
粗脂肪 EE/%	75.97	80.03	72.83	75.07	0.98	0.06
粗蛋白质 CP/%	88.45[a]	83.54[b]	81.01[b]	80.63[b]	0.91	<0.01
总能 GE/%	87.53[a]	84.63[b]	83.38[b]	83.56[b]	0.56	0.02
表观代谢能 AME/(MJ/kg)	15.44[a]	14.22[b]	14.33[b]	14.79[b]	0.13	<0.01
表观消化能 ADE/(MJ/kg)	15.77[a]	14.58[c]	14.68[bc]	15.17[b]	0.13	<0.01

2.3 发酵白酒糟对断奶仔猪氨基酸表观消化率的影响

由表 5 可见，与对照组相比，在 10 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，4%和 6%发酵白酒糟组的赖氨酸、蛋氨酸和脯氨酸的表观消化率显著下降（$P<0.05$）；在 25 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，6%发酵白酒糟组的蛋氨酸表观消化率显著下降（$P<0.05$）。其余各组氨基酸的表观消化率均无显著差异（$P>0.05$）。

表 5 发酵白酒糟对断奶仔猪氨基酸表观消化率的影响

Table 5 Effects of fermented distiller's grains on apparent digestibility of amino acids of weaned piglets (n=6) %

项目 Items	对照组 Control	2%发酵白酒糟组 2%	4%发酵白酒糟组 4%	6%发酵白酒糟组 6%	SEM	*P* 值 *P*-value

	group	fermented distiller's grain group	fermented distiller's grain group	fermented distiller's grain group		
10 kg 仔猪 10 kg piglets						
赖氨酸 Lys	92.72^{ab}	94.51^{a}	91.13^{bc}	89.20^{c}	0.52	<0.01
苯丙氨酸 Phe	89.86	88.07	86.89	85.99	0.64	0.16
蛋氨酸 Met	89.32^{a}	87.47^{ab}	84.78^{bc}	82.80^{c}	0.77	0.01
苏氨酸 Thr	88.90	88.12	87.30	85.54	0.58	0.20
异亮氨酸 Ile	85.29	83.01	82.51	81.61	0.80	0.43
亮氨酸 Leu	86.38	84.06	82.95	82.09	0.84	0.31
缬氨酸 Val	86.55	84.88	84.00	83.02	0.70	0.35
天冬氨酸 Asp	88.68	86.95	86.30	85.44	0.60	0.28
丝氨酸 Ser	88.92	87.29	86.58	85.73	0.62	0.32
谷氨酸 Glu	90.95	89.32	88.56	87.37	0.55	0.12
甘氨酸 Gly	83.95	82.87	81.97	80.62	0.73	0.45
丙氨酸 Ala	82.53	81.45	79.99	78.75	0.85	0.44
酪氨酸 Tyr	88.31	84.86	84.03	83.87	0.77	0.14
组氨酸 His	90.54	89.39	88.57	87.70	0.54	0.29
精氨酸 Arg	93.58	91.76	91.04	90.95	0.47	0.17
脯氨酸 Pro	92.72^{a}	91.36^{ab}	89.78^{b}	89.17^{b}	0.48	0.02
半胱氨酸 Cys	91.34	90.28	89.06	88.07	0.46	0.05
总氨基酸 TAA	89.27	88.05	86.64	85.60	0.60	0.15
25 kg 仔猪 25 kg piglets						
赖氨酸 Lys	87.49	86.46	86.20	87.69	0.65	0.83
苯丙氨酸 Phe	86.83	85.91	84.94	84.80	0.59	0.62
蛋氨酸 Met	85.33^{a}	83.85^{a}	87.10^{a}	79.19^{b}	0.84	<0.01
苏氨酸 Thr	84.54	81.29	80.28	80.86	0.79	0.23
异亮氨酸 Ile	84.26	80.59	79.46	79.50	0.90	0.19
亮氨酸 Leu	86.45	82.43	81.20	81.21	0.84	0.07

缬氨酸 Val	84.13	82.49	80.88	80.66	0.79	0.39
天冬氨酸 Asp	87.36	85.05	83.60	83.96	0.74	0.27
丝氨酸 Ser	87.27	85.09	83.94	83.95	0.66	0.24
谷氨酸 Glu	89.93	87.60	86.14	86.13	0.63	0.10
甘氨酸 Gly	82.70	79.64	78.39	79.10	0.82	0.27
丙氨酸 Ala	83.07	79.89	78.19	78.92	0.91	0.25
酪氨酸 Tyr	84.20	82.79	82.25	83.79	0.61	0.68
组氨酸 His	87.76	85.76	84.58	85.00	0.63	0.30
精氨酸 Arg	91.04	89.07	88.08	88.47	0.54	0.23
脯氨酸 Pro	87.80	88.87	88.06	88.78	0.38	0.73
半胱氨酸 Cys	85.91	89.04	88.24	87.59	0.43	0.05
总氨基酸 TAA	86.97	84.95	83.89	84.12	0.66	0.35

2.4　发酵白酒糟对断奶仔猪氮排放的影响

由表 6 可见，与对照组相比，在 10 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，4%发酵白酒糟组的吸收氮量、沉积氮量和氮表观生物学价值均显著降低（P<0.05），2%和 6%发酵白酒糟组的尿氮量显著降低（P<0.05）、氮表观生物学价值显著升高（P<0.05），2%、4%和 6%发酵白酒糟组摄入氮量、粪氮量、氮表观消化率、蛋白质净利用率和总氮排放率均无显著差异（P>0.05）；在 25 kg 断奶仔猪消化代谢试验中，2%、4%和 6%发酵白酒糟组的摄入氮量、吸收氮量、沉积氮量和氮表观消化率均显著降低（P<0.05）、粪氮量显著升高（P<0.05），2%和 6%发酵白酒糟组的蛋白质净利用率显著降低（P<0.05）、总氮排放率显著升高（P<0.05），尿氮量和氮表观生物学价值各组之间均无显著差异（P>0.05）。

表 6　发酵白酒糟对断奶仔猪氮排放的影响

Table 6　Effects of fermented distiller's grains on nitrogen excretion of weaned piglets (n=6)

项目 Items	对照组 Control group	2%发酵白酒糟组 2% fermented distiller's grain group	4%发酵白酒糟组 4% fermented distiller's grain group	6%发酵白酒糟组 6% fermented distiller's grain group	SEM	*P* 值 *P*-value
10 kg 仔猪 10 kg piglets						

摄入氮 N intake/(g/d)	19.92	18.36	16.89	20.52	0.56	0.09
尿氮 Urinary N/(g/d)	2.30[a]	1.10[b]	2.08[a]	1.34[b]	0.16	<0.01
粪氮 Fecal N(g/d)	2.24	2.46	2.51	2.71	0.17	0.82
吸收氮 Absorbed N/(g/d)	17.68[a]	15.90[ab]	14.38[b]	17.81[a]	0.51	0.04
沉积氮 Retained N/(g/d)	15.38[a]	14.80[ab]	12.30[b]	16.47[a]	0.51	0.02
氮表观消化率 N apparent digestibility/%	88.83	86.77	85.51	86.59	0.76	0.50
氮表观生物学价值 N apparent biological value/%	87.04[ab]	93.02[a]	85.45[b]	92.30[a]	0.97	<0.01
蛋白质净利用率 Net protein utilization rate/%	77.33	80.71	73.13	79.94	1.15	0.07
总氮排放率 Total N emission rate/%	22.67	19.29	26.87	20.06	1.15	0.07
25 kg 仔猪 25 kg piglets						
摄入氮 N intake/(g/d)	35.10[a]	34.22[b]	32.64[d]	34.14[c]	0.18	<0.01
尿氮 Urinary N/(g/d)	3.27	4.62	2.89	3.70	0.37	0.41
粪氮 Fecal N/(g/d)	4.05[b]	5.63[a]	6.20[a]	6.61[a]	0.30	<0.01
吸收氮 Absorbed N/(g/d)	31.05[a]	28.59[b]	26.44[c]	27.53[bc]	0.42	<0.01
沉积氮 Retained N/(g/d)	27.78[a]	23.9[b]	23.55[b]	23.83[b]	0.53	<0.01
氮表观消化率 N apparent digestibility/%	88.46[a]	83.54[b]	81.01[b]	80.63[b]	0.91	<0.01
氮表观生物学价值 N apparent biological value/%	89.47	83.81	89.07	86.64	1.29	0.40
蛋白质净利用率 Net protein utilization rate/%	79.13[a]	70.03[b]	72.14[ab]	69.80[b]	1.36	0.04
总氮排放率 Total N emission rate/%	20.87[b]	29.97[a]	27.86[ab]	30.20[a]	1.36	0.04

3 讨 论

断奶仔猪的生长性能影响猪场的经济效益，因此提高其日增重、降低其料重比显得尤为

重要。本试验结果表明，在25 kg断奶仔猪试验中，饲粮添加2%发酵白酒糟可显著增加仔猪的平均日增重。这可能是由于酿酒发酵白酒糟中的高粱糟富含具有抗氧化活性的酚类物质[9]，同时其经微生物发酵后产生一定量的菌体蛋白、消化酶和B族维生素等代谢产物，不仅可改善饲粮的适口性，而且可改善动物肠道微生态平衡，从而促进动物的生长[10]。Emiola等[11]也报道，在基础饲粮中添加30%发酵酒糟能提高生长猪的生长性能。但是，发酵白酒糟对10 kg断奶仔猪的生长性能无显著影响，可能是饲喂时间较短造成的。此外，发酵白酒糟的成本比常规饲料低，将其用作饲料原料可降低养殖成本。

本试验中，饲粮添加 2%发酵白酒糟不影响断奶仔猪对干物质、粗灰分和粗脂肪的表观消化率，但添加 6%发酵白酒糟会降低其对干物质的表观消化率，其原因可能是较高的粗纤维水平增加了肠道内源性分泌物，加快了食糜在消化道内的流通速度，使养分不能充分消化和吸收[12]。虽然本试验所用发酵白酒糟的粗纤维含量已降低至 17.67%，但仍远高于豆粕和玉米等常规饲料原料，再加上断奶仔猪的肠道功能发育还不够健全，导致其消化率降低。同时，随着饲粮中发酵白酒糟添加量的增加，断奶仔猪对饲粮的表观消化能和表观代谢能以及赖氨酸、蛋氨酸和脯氨酸的表观消化率降低，但不影响粗脂肪和大部分氨基酸的消化率。然而有研究发现，发酵白酒糟能提高泌乳奶牛对营养物质的消化率[13]，干酒糟能提高泌乳奶牛的生产性能[14]；用酒糟部分替代奶牛饲粮中的玉米淀粉，其产奶量和乳成分无显著变化[15]。白酒糟经过微生物发酵后，品质得到极大改善，产生大量有益微生物和发酵的特殊香味[16]，其中的微生物在一定程度上能够改善瘤胃的微生物平衡和发酵模式，从而提高了奶牛的采食量和消化率[17]。

氮代谢试验主要用于研究动物蛋白质需要量、饲粮蛋白质利用率和饲粮蛋白质质量等。动物排出的氮是其排泄物造成环境污染的主要物质，其中氮的含量与饲粮中的氮含量以及氮的消化吸收有关[18]。在 25 kg 断奶仔猪试验中，2%、4%、6%发酵白酒糟组的粪氮量均显著增加，且随发酵白酒糟添加量的增加粪氮量呈升高趋势。研究表明，氮沉积下降可能与饲粮氨基酸不平衡、可消化氨基酸水平或氨基酸利用率较低有关[8]。本试验中尿氮量变化均不明显，提示粪氮量和氮沉积呈反比关系，即粪氮量升高则氮沉积下降，这与以往的研究结果相一致。这一是因为动物饲喂纤维饲料可使肠上皮细胞丢失或者肠黏液分泌增加，从而导致内源性氮的排放增加[19]；二是因为发酵白酒糟可将尿氮转化为粪氮[20]，增加了肠道中菌体蛋白的合成；三是因为发酵白酒糟中的蛋白质富含醇溶蛋白，其难以被机体消化[21]。4%发酵白酒糟组的摄入氮量显著低于其他组，可能是由于其采食量最低引起。在 10 kg 断奶仔猪试验中，2%和 4%发酵白酒糟降低了沉积氮和氮表观生物学价值，且 4%发酵白酒糟组有显著

性差异，可能与其中赖氨酸、蛋氨酸和脯氨酸表观消化率下降有关。但是，6%发酵白酒糟却不影响沉积氮量和氮表观生物学价值，其具体原因还有待进一步研究。2%和 6%发酵白酒糟降低了尿氮量，一方面是微生物生长利用肠道中的氮素，减少其进入血液循环的量；另一方面是纤维增加了肠道短链脂肪酸的含量，从而减少了尿氮的生成[22]。此外，10 和 25 kg 断奶仔猪试验的氮排放规律并不完全相同，提示发酵白酒糟对氮排放的影响可能受仔猪生理阶段的影响。10 和 25 kg 体重的猪分别代表了断奶仔猪和生长猪起始阶段的消化特性，当体重达到 20 kg 时，猪的小肠基本发育完好[23]。不同体重断奶仔猪的小肠发育状态可能影响了氮的吸收和排放。

4 结 论

饲粮添加 2%发酵白酒糟不影响断奶仔猪对干物质、粗灰分、粗脂肪和绝大部分氨基酸的表观消化率，还可促进其生长；但长期高剂量添加发酵白酒糟在一定程度上会降低其对营养物质的表观消化能和表观代谢能。

参考文献：

[1] 谢正军,曹镜明,万建华.白酒糟饲用价值分析与应用探讨[J].饲料工业,2014,35(12):51–53.

[2] 焦肖飞,刘建学,韩四海,等.复合菌生物转化白酒糟发酵条件的优化[J].食品科学,2015,36(17):164–168.

[3] 陈光吉,彭忠利,宋善丹,等.发酵酒糟对舍饲牦牛生产性能、养分表观消化率、瘤胃发酵和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2920–2927.

[4] 王斌星,王伟冬,郭春华,等.发酵酒糟对舍饲育肥藏绵羊生产性能、养分表观消化率和经济效益的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2016(4):5–10.

[5] 张光勤,吴庭才,董发明,等.湿态酒糟发酵蛋白饲料饲喂蛋鸡效果研究[J].畜牧与饲料科学,2013,34(4):42–44.

[6] 陈颖,刘君地,朴香淑,等.白酒糟发酵粉对生长猪消化能、代谢能和氨基酸标准回肠消化率的评定[J].饲料工业,2013,34(9):47–52.

[7] 黎智华,祝倩,姬玉娇,等.六种中药渣的营养成分[J].天然研究产物与开发,2017,29(1):91–95.

[8] 邓敦,李铁军,孔祥峰,等.日粮蛋白水平对生长猪生产性能和氮平衡的影响[J].广西农业生物科学,2007,26(2):137–143.

[9] LEE M Y,TSAI S H,LAI Y J.Antibacterial and antioxidant properties of sorghum distillery residue[J].Journal of Food & Drug Analysis,2011,19(4):478–485.

[10] 陶忠海,方园,方福平,等.酒糟发酵生物料饲喂育肥牛的生长性能及经济效益[J].贵州农业科学,2014,42(3):105–108.

[11] EMIOLA I A,OPAPEJU F O,SLOMINSKI B A,et al.Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme[J].Journal of Animal Science,2009,87(7):2315–2322.

[12] WILFART A,MONTAGNE L,SIMMINS P H,et al.Sites of nutrient digestion in growing pigs:effect of dietary fiber[J].Journal of Animal Science,2007,85(4):976–983.

[13] 吴小燕,郭春华,王之盛,等.微生物发酵饲料对泌乳奶牛生产性能和饲粮养分表观消化率的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2296–2302.

[14] ZHANG S Z,PENNER G B,YANG W Z,et al.Effects of partially replacing barley silage or barley grain with dried distillers grains with solubles on rumen fermentation and milk production of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2010,93(7):3231–3242.

[15] RANATHUNGA S D,KALSCHEUR K F,HIPPEN A R,et al.Replacement of starch from corn with nonforage fiber from distillers grains and soyhulls in diets of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2010,93(3):1086–1097.

[16] 张玉诚.白酒糟菌体蛋白饲料开发研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2016.

[17] KREHBIEL C R,RUST S R,ZHANG G,et al.Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets:performance response and mode of action[J].Journal of Animal Science,2002,81(14):E120–E132.

[18] 胡向东,焦乐飞,李旭彬,等.小麦替代玉米饲粮添加木聚糖酶对生长猪生长性能、结肠菌群和氮排放的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2805–2813.

[19] YIN Y L,MCEVOY J D G,SCHULZE H,et al.Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation[J].Livestock Production Science,2000,62(2):119–132.

[20] ZERVAS S,ZIJLSTRA R T.Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs[J].Journal of Animal Science,2002,80(12):3247–3256.

[21] LIU S Y,SELLE P H,COWIESON A J.Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets[J].Animal Feed Science and

Technology,2013,181(1/2/3/4):1–14.

[22] SHRIVER J A,CARTER S D,SUTTON A L,et al.Effects of adding fiber sources to reduced-low crude protein,amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion,growth performance,and carcass traits of finishing pigs[J].Journal of Animal Science,2003,81(2):492–502.

[23] MOREL P C H,LEE T S,MOUGHAN P J.Effect of feeding level,live weight and genotype on the apparent faecal digestibility of energy and organic matter in the growing pig[J].Animal Feed Science and Technology,2006,126(1/2):63–74.

Effects of Fermented Distiller's Grains on Growth Performance, Digestibility and Metabolism and Nitrogen Excretion of Weaned Piglets

LI Zhihua[1,2] ZHANG Ting[1] SU Jiayi[1] WANG Deyun[2] KONG Xiangfeng[1,2*]

(1. *Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Laboratory of Animal Nutritional Physiology and Metabolic Process, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha* 410125, *China*; 2. *College of Veterinary Medicine*, *Nanjing Agricultural University*, *Nanjing* 210095, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of fermented distiller's grains (FDG) on growth performance, digestibility, metabolism and nitrogen (N) excretion of weaned piglets. A total of 24 Duroc×Landrace×Yorkshire barrows weaned at 21 days of age were randomly assigned into one of four groups with 6 replicates in each group and 1 pig in each replicate. The piglets in the control group were fed a basal diet, and in the other three groups were fed the basal diet containing 2%, 4% or 6% FDG, respectively. The digestion and metabolism trials were carried out at 10 kg and 25 kg of average body weight (BW), respectively, after the piglets were transferred to metabolic cages. Each trial lasted for one week, including a 4-day adaptation period followed by 3 days for collection of feces and urine. Feed intake per piglet was recorded daily, and the BW was got at the beginning or end of each trail. The digestibility rates of routine nutrients and amino acids were calculated with total collection of feces and urine, as well as nitrogen excretion of piglets. The results showed that, in the trial of 10 kg BW, compared with the control group, the apparent digestible energy (ADE) and urinary N in the 2% FDG group decreased (P<0.05), while apparent digestibility rates of other nutrients had no significant differences (P>0.05); apparent

digestibility rates of gross energy (GE), lysine, methionine (Met) and proline significantly decreased (P<0.05) in the 4% and 6% FDG groups, as well as apparent metabolizable energy (AME) and ADE (P<0.05). In the trial of 25 kg BW, compared with the control group, apparent digestibility rates of dry matter (DM), crude ash, and ether extract had no significant differences in the 2% FDG group (P>0.05), but the average daily gain significantly increased (P<0.05); digestibility rate of Met significantly decreased (P<0.05) in the 6% FDG group; the contents of N intake, absorbed N, retained N and N apparent digestibility significantly decreased (P<0.05) in the 2%, 4%, and 6% FDG groups, as well as the apparent digestibility rates of crude protein, GE, AME and ADE (P<0.05), while the fecal N content significantly increased (P<0.05). These findings suggest that dietary supplementation with 2% FDG does not affect the DM apparent digestibility and improves growth performance of weaned piglets; supplementation with higher levels of FDG for long period decreases the digestion and metabolism of routine nutrients to a certain extent.

Key words: fermented distiller's grains; weaned piglets; growth performance; digestibility; nitrogen excretion

i

---

*Corresponding author, professor, E-mail: nnkxf@isa.ac.cn (责任编辑　田艳明)